

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

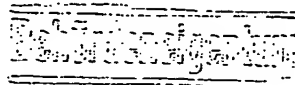
**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 37 37 502.4  
②② Anmeldetag: 5. 11. 87  
②③ Offenlegungstag: 19. 5. 88



DE 3737502 A1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
10.11.86 DE 36 38 267.1

⑦① Anmelder:  
MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,  
8000 München, DE

⑦② Erfinder:  
Neubert, Horst, Dr., 8025 Unterhaching, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Temperatur-Indikator

Temperatur-Indikator, insbesondere zum Einbau in bewegten Bauteilen von Wärmekraftmaschinen, wie Gasturbinen- und Triebwerken, zum Ermitteln von Betriebstemperaturen. Der Temperatur-Indikator besteht aus einem insbesondere in einem Trägerkörper angeordneten mehrphasigen metallischen Temperatur-Indikatorelement, das sich aus einer Korngruppe mit einzelnen, im engen Gefügekontakt stehenden Körnern, insbesondere aus einer eutektischen Legierung bestehend, zusammensetzt, die bei Erreichen oder Überschreiten ihrer Schmelztemperatur bzw. Betriebstemperatur eine irreversible Gefügestruktur-Umwandlung erfahren.

DE 3737502 A1

1. Temperatur-Indikator, insbesondere zum Einbau in bewegten Bauteilen von Wärmekraftmaschinen, wie Gasturbinentriebwerken, zum Ermitteln einer während des Betriebes auftretenden kritischen Temperatur, wie z. B. der zulässigen Höchsttemperatur, oder zum Messen eines kritischen Temperaturbereiches, gekennzeichnet durch ein, insbesondere in einem Trägerkörper (12) angeordnetes Temperatur-Indikatorelement (IE-1), das aus einer Korngruppe mit einzelnen, evakuierte Zwischenräume ausbildenden Körnern ( $K_{EAB}$ ) besteht, die bei Erreichen oder Überschreiten ihrer Schmelztemperatur, die im Regelfall der zu ermittelnden Betriebstemperatur entspricht, unter Verschwinden der Zwischenräume sich zu einem größeren Korn vereinigen.
2. Temperatur-Indikator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Körner ( $K_{EAB}$ ) der Korngruppe eines Temperaturelementes (IE-1) aus einer eutektischen Legierung bestehen.
3. Temperatur-Indikator nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß im gegenseitigen Abstand voneinander, insbesondere in einem Trägerkörper (12) angeordnet, mehrere gleiche Temperatur-Indikatorelemente (IE-1) mit eutektisch gleichen Legierungsbestandteilen vorgesehen sind (Fig. 4).
4. Temperatur-Indikator nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß im gegenseitigen Abstand voneinander, insbesondere in einem Trägerkörper (12) angeordnet, mehrere verschiedene Temperatur-Indikatorelemente (IE-1, IE-2 bis IE-mn) mit jeweils einzelnen Körnern ( $K_{EAB}$  bzw.  $K_{E-CD}$  bzw.  $K_{E-mn}$ ) vorgesehen sind, die untereinander gleiche eutektische Legierungsbestandteile, von Temperatur-Indikatorelement zu Temperatur-Indikatorelement (IE-1 bis zu IE-mn) jedoch verschiedene eutektische Legierungsbestandteile aufweisen.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Temperatur-Indikator nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Temperatur-Indikatoren sind in verschiedenen Ausführungen schon lange bekannt. Ihre Einsatzmöglichkeiten, wie z. B. von Thermostiften, beschränken sich jedoch auf relativ niedrige Temperaturen oder erfordern bei der Messung hoher Temperaturen definierte Bauteilgrößen und Bauteiloberflächen. Außerdem sind alle bisher bekannten Temperatur-Indikatoren nur für relativ kurze Betriebszeiten nutzbar. Besondere Probleme treten bei Temperaturmessungen an sich bewegenden, insbesondere schnell rotierenden und sehr heißen Bauteilen auf, wie sie bei Wärmekraftmaschinen, z. B. bei Gasturbinentriebwerken, vorliegen. Eine Meßwertübertragung mittels elektrischer Leitungen ist hierbei nur in wenigen Anwendungsfällen möglich. Andererseits erfordern leitungsfreie Temperaturmeßmethoden, wie z. B. mit Hilfe von Pyrometern oder Thermofarben, definierte Bauteiloberflächen oder diese Meßmethoden sind nur relativ kurzzeitig einsetzbar, so daß eine exakte Messung einer Expositionstemperatur oder von -temperaturen, die auf ein Bauteil einwirken, unter vielen problematischen Umständen nicht möglich ist. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nach-

teile der bekannten Meßgeräte und Meßmethoden zu vermeiden und einen Temperatur-Indikator zu schaffen, der nicht nur minimales Eigengewicht und kleinste Einbaumaße aufweist und so nur geringe wirksame Bauteiloberflächen erfordert, sondern auch von Trägheitskräften unabhängig ist und der daher bei sich schnell bewegenden Bauteilen, insbesondere von Wärmekraftmaschinen einsetzbar ist.

Gelöst wird diese Aufgabe mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

Der erfindungsgemäße Temperaturindikator zeichnet sich dadurch aus, daß das Material temperaturspezifisch seine Gefügestruktur ändert. Es wird also nicht, wie im Stand der Technik (vergl. ED-OS 20 63 754) bekannt, aus einer makroskopischen Gestaltänderung auf eine Expositionstemperatur geschlossen, sondern aus einer mikroskopischen Gefügeänderung. Hierdurch ist die temperaturspezifische Veränderung von Trägheitskräften unabhängig und ermöglicht so einen weiten Einsatzbereich unter Einschluß von z. B. schnell rotierenden Bauteilen. Die Struktur des Ausgangsgefüges erfährt innerhalb eines engen Temperaturbereiches eine charakteristische, irreversible Veränderung, wodurch auf die Expositionstemperatur geschlossen wird. Dabei stellt die Verwendung einer Korngruppe mit evakuierten Zwischenräumen insofern eine besonders glückliche Lösung dar, als hierdurch vorher vorhandene Korngrenzen verschwinden und dieses Verschwinden der Korngrenzen sehr klar und eindeutig bei einer mikroskopischen Untersuchung feststellbar ist.

Werden in spezieller Ausführung der Erfindung eutektische Legierungen zur Herstellung der Temperatur-Indikatorelemente bzw. der diese bildenden Korngruppen verwendet, so sind äußerst genaue Meßergebnisse zu erwarten, denn Eutektika entstehen bekanntlich in einem engen Legierungs- und Temperaturbereich.

Zum Messen eines bestimmten Temperaturbereiches, insbesondere zwischen 200 bis 2000°C, werden, um diesen Temperaturbereich eingrenzen und einzelne Temperaturen bestimmen zu können, viele erfindungsgemäße Temperatur-Indikatoren bzw. Temperatur-Indikatorelemente, insbesondere in einem gemeinsamen Trägerkörper eingesetzt, wobei die einzelnen Indikatorelemente verschiedene eutektische Legierungszusammensetzungen und damit auch verschiedene eutektische Temperaturen aufweisen.

Die Untersuchung des umgewandelten Indikatorgefüges erfolgt metallographisch.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 ein Erstarrungs- bzw. Zustandsdiagramm eines von vielen möglichen Legierungssystemen,

Fig. 2 ein Temperatur-Indikatorelement in Form einer Korngruppe vor der Temperatureinwirkung,

Fig. 2a einen Ausschnitt A des Temperatur-Indikatorelementes nach Fig. 2,

Fig. 3 das Temperatur-Indikatorelement nach Fig. 2 nach der Temperatureinwirkung,

Fig. 3a einen Ausschnitt B des Temperatur-Indikatorelementes nach Fig. 3,

Fig. 4 einen vollständigen Temperatur-Indikator mit mehreren gleichen Temperatur-Indikatorelementen und

Fig. 5 einen vollständigen Multi-Temperatur-Indikator mit mehreren verschiedenen Temperatur-Indikatorelementen.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Zustandsdiagramm ist auf der Abszisse, welche die Achse für die jeweiligen Legie-

rungsbestandteile, z. B.  $A$  und  $B$ , bildet, das Eutektikum  $E_{AB}$  eingetragen. Die Ordinate stellt die Temperaturachse  $T$  dar. Auf ihr ist die eutektische Temperatur  $T_{E-AB}$  des Eutektikums  $E_{AB}$  vermerkt.

Das in Fig. 2 gezeigte Temperatur-Indikatorelement  $IE-1$  eutektischer Materialzusammensetzung besteht aus mehreren Körnern  $K_{E-AB}$ , deren Teilchen- bzw. Partikelgrenzen  $PG$  sich vor der Temperatureinwirkung scharf voneinander abheben, wie aus der Fig. 2a ersichtlich.

Anders ist dies in den Fig. 3 und 3a, bei denen das Temperatur-Indikatorelement  $IE-1$  nach der Temperatureinwirkung über der materialspezifischen eutektischen Temperatur  $T_{E-AB}$  ein eutektisches Gesamtgefüge aufweist, in dem die ursprünglichen Grenzflächen je nach verwendeter Legierung und Expositionsdauer ganz verschwinden oder nur noch unvollständig vorhanden sind. Bei starker Diffusion zwischen den Teilchen, z. B. bei hohen Temperaturen oder langer Expositionsdauer, kann es von Vorteil sein durch Beschichtung oder Oxydation der Teilchen vor dem Sintern Diffusionsbarrieren zu erzeugen, um den metallographischen Nachweis der Temperaturüberschreitung ( $T > T_E$ ) zu erleichtern.

Die Fig. 4 zeigt ein vollständiges Temperatur-Indikatorelement, bei dem in einem Trägerkörper 12 in gegenseitigem Abstand mehrere eutektisch gleiche Temperatur-Indikatorelemente  $IE-1$  eingesetzt sind. Mehrere gleiche Indikatorelemente erleichtern den metallographischen Nachweis der Überschreitung einer kritischen Höchsttemperatur, da mit größerer Zahl der Indikatorelemente die Wahrscheinlichkeit steigt, eines der Elemente in einer Schliffebene anzutreffen.

In Fig. 5 ist ein Multi-Temperatur-Indikator mit mehreren, in ihren Legierungszusammensetzungen verschiedenen Temperatur-Indikatorelementen  $IE-1$ ,  $IE-2$  bis  $IE-mn$  mit daher auch verschiedenen eutektischen Temperaturen  $T_{E-1}$ ,  $T_{E-2}$  und  $T_{E-mn}$  darstellt. Mit einem solchen Multi-Temperatur-Indikator können unterschiedliche auf das Bauteil zur Einwirkung kommende Expositionstemperaturen ermittelt werden, d. h. es kann ein breiter Temperaturbereich eingegrenzt werden.

45

50

55

60

65

3737502

Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 37 502  
G 01 K 11/06  
5. November 1987  
19. Mai 1988

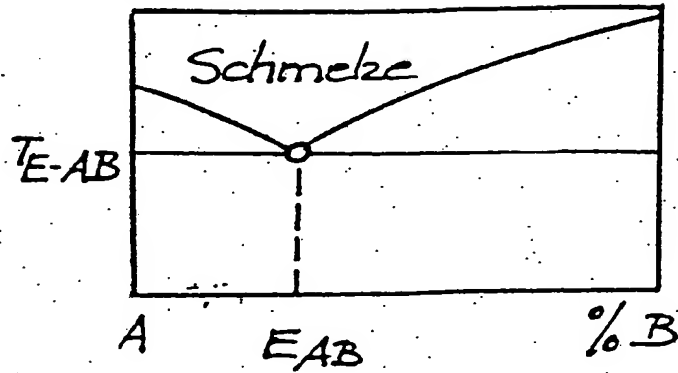


Fig. 1

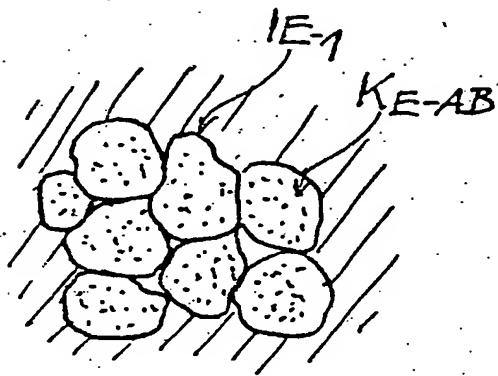


Fig. 2

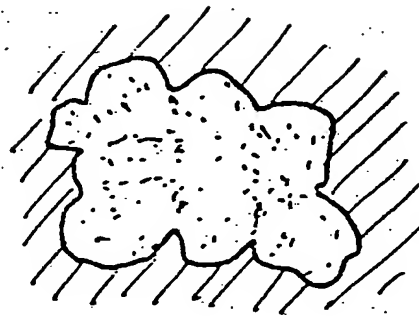


Fig. 2a

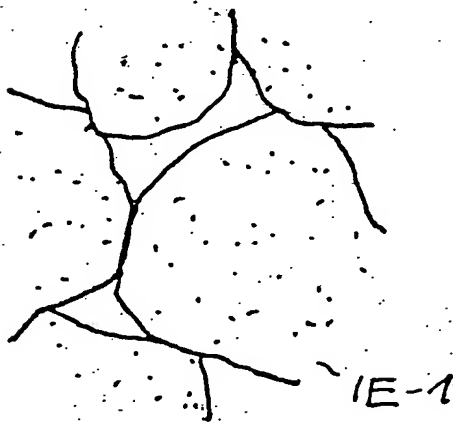


Fig. 3



Fig. 3a

3737502

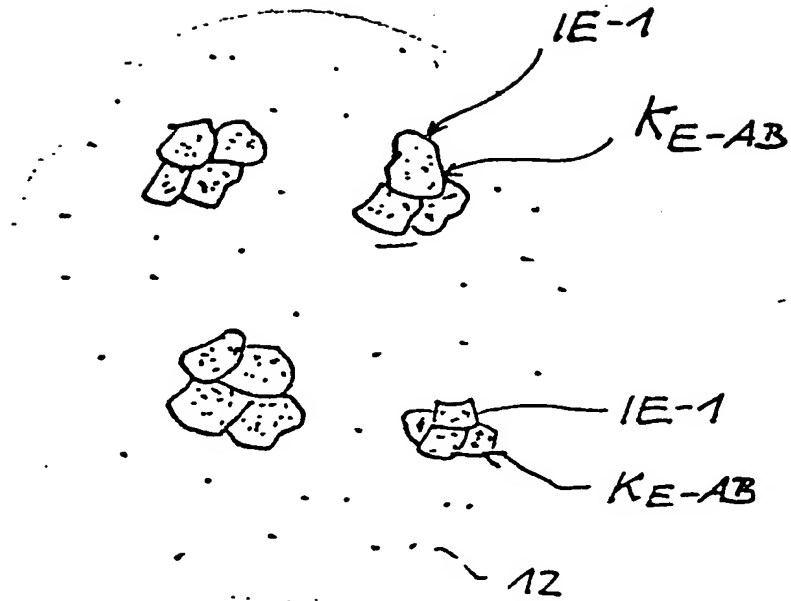


Fig. 4

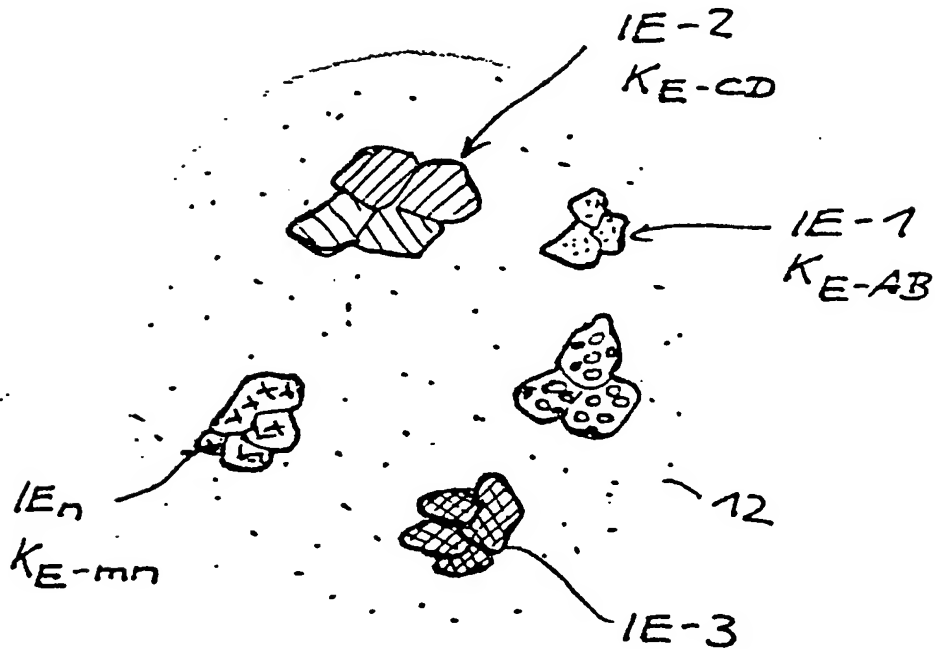


Fig. 5

ORIGINAL INSPECTED

ESP-887/I